

3/5

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-193540

(P2004-193540A)

(43) 公開日 平成16年7月8日(2004.7.8)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 43/08

G01R 33/09

F1

H01L 43/08

H01L 43/08

G01R 33/06

Z

B

R

テーマコード(参考)

2G017

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2003-65200 (P2003-65200)
(22) 出願日 平成15年3月11日(2003.3.11)
(31) 優先権主張番号 特願2002-304392 (P2002-304392)
(32) 優先日 平成14年10月18日(2002.10.18)
(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000004075
ヤマハ株式会社
静岡県浜松市中沢町10番1号
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100089037
弁理士 渡邊 隆
(72) 発明者 佐藤 秀樹
静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株
式会社内
(72) 発明者 相曾 功吉
静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株
式会社内

最終頁に続く

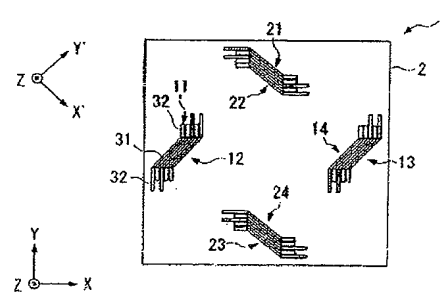
(54) 【発明の名称】 磁気センサ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ及びその製造方法を提供する。

【解決手段】本発明の磁気センサ1は、石英基板2上に、磁気抵抗効果素子31と磁気抵抗効果素子31の両端に接続される永久磁石膜32、32とからなるGMR素子11~14、21~24を形成し、これら磁気抵抗効果素子31、31、…により2軸方向の磁界の大きさを検出するもので、磁気抵抗効果素子31のピン層のピン止めされた磁化の向きと、磁気抵抗効果素子31の長手方向とは、45°の角度をなすことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

基板上に、少なくとも1つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、 45° の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【請求項2】

基板上に、少なくとも1つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、

前記磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、 45° の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【請求項3】

前記磁気抵抗効果素子の規則化熱処理により規則化されたピニング層によりピン止めされたピンド層の磁化の向きは、永久磁石膜の着磁後の磁化の向きと同じであることを特徴とする請求項1または2記載の磁気センサ。

【請求項4】

前記永久磁石膜の着磁後の磁化の向きは、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の長手方向と同じであることを特徴とする請求項1、2または3記載の磁気センサ。

【請求項5】

基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピナルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、

磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピナルブ膜をパターンニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、

前記永久磁石膜を着磁する工程と、

を含む磁気センサの製造方法において、

前記規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、

前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【請求項6】

基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピナルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、

磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピナルブ膜をパターンニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、

前記永久磁石膜を着磁する工程と、

を含む磁気センサの製造方法において、

前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、

前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【請求項7】

基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、

ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピナルブ膜を形成する工程と、

前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、
磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピナル膜をパターンニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、
前記永久磁石膜を着磁する工程と、
を含む磁気センサの製造方法において、
前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、
前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする磁気センサの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁気センサ及びその製造方法に関し、特に、強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることが可能な磁気センサ及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来より、巨大磁気抵抗素子（以下、GMR素子とも称する）等の磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサが提案され、実用に供されている。

このGMR素子は、磁化の向きが所定の向きにピン止めされたピン層と、磁化の向きが外部磁界に対応して変化するフリー層とを備え、外部磁界が加わった場合に、ピン層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きとの相対関係に応じた抵抗値を呈するもので、この抵抗値を測定することで外部磁界を検出するようになっている。

このような磁気センサにあっては、微小な外部磁界を精度良く検出するために、この外部磁界が磁気センサに加わっていない場合のフリー層の各磁区の磁化の向きを所定の向き（以下、この「所定の向き」を「初期状態の向き」とも称する。）に安定的に維持する必要がある。

【0003】

そこで、一般には、薄膜のフリー層の平面視での形状を長方形とするとともに、同長方形の長辺（長軸）を前記初期状態の向きに一致させることにより、磁化の向きが長手方向に揃う形状異方性を利用して同フリー層の各磁区の磁化の向きを同初期状態の向きに一致させるようにしている。また、外部磁界が消滅したときにフリー層の各磁区の磁化の向きが長期安定的に前記初期状態の向きに復帰するように、フリー層の長手方向の両端部に永久磁石膜であるバイアス磁石膜を配し、同バイアス磁石膜によって同初期状態の向きの磁界を同フリー層に加えるようになっている。

また、AMR型の磁気抵抗効果素子では、感度を上げるためにバイアス磁界の付与が必要となるが、これを4つの素子に均等に付与するために、基板に対して磁気抵抗効果素子を45°傾けた構造の磁気センサが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0004】

【特許文献1】

特開平05-126577号公報（段落番号[0016]、第5(a)図）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来の磁気センサにおいては、バイアス磁石膜の保磁力よりは小さいが比較的大きな磁界を有し、且つ初期状態の向きとは反対の向きの外部磁界が印加されると、フリー層の各磁区の磁化が変化し、その後、外部磁界を消滅させてもフリー層の各磁区の磁化の向きが初期状態の向きへ一致（復帰）しなくなり、磁界の検出精度が悪化してしまうという問題点があった。

また、微小な基板上に、ピン層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を形成することは困難であり、そのような構成の単一チップも提案されていない。した

10

20

30

40

50

がって、磁気センサの小型化ができず、また、ピンド層の磁化の向きの制約のために応用範囲を広くできないという問題点があった。

【0006】

そこで、本発明者等は、小型化ができ、しかも応用範囲の広いGMR素子を用いた二軸の磁気センサを提案した（特願2001-281703号）。

図26は、本発明者等が提案したGMR素子を用いた二軸の磁気センサを示す平面図であり、この磁気センサ101は、所定の厚みを有する略正形状の石英基板102と、この石英基板102上に形成されX軸方向の磁界を検出するX軸磁気センサを構成するX軸GMR素子111～114と、同石英基板102上に形成されX軸と直交するY軸方向の磁界を検出するY軸磁気センサを構成するY軸GMR素子121～124とにより構成されている。

10

【0007】

X軸GMR素子111～114は、石英基板102上のX軸に直交する二辺それぞれの中点近傍に一对づつ、かつ一对の素子同士が互いに平行になるように配置されている。Y軸GMR素子121～124も同様に、石英基板102上のY軸に直交する二辺それぞれの中点近傍に一对づつ、かつ一对の素子同士が互いに平行になるように配置されている。これらX軸GMR素子111～114及びY軸GMR素子121～124は、石英基板102上の配置と、石英基板102に対するピンド層のピン止めされた磁化の向きが異なる点を除き、全く同様の構造を備えている。

したがって、ここでは、X軸GMR素子111を例に取り、その構造について説明する。

20

【0008】

X軸GMR素子111は、図27及び図28に示すように、互いに平行に配置された帯状のスピンバルブ膜131、131、…と、高保磁力、高角型比を有するCoCrPt等の硬質強磁性体の薄膜からなるバイアス磁石膜132、132、…とにより構成されている。

各スピンバルブ膜131は、一方の端部が隣接する一方のスピンバルブ膜131にバイアス磁石膜132を介して接続され、他方の端部が隣接する他方のスピンバルブ膜131にバイアス磁石膜132を介して接続されることで、全体形状がつづらおり状とされている。

【0009】

スピンバルブ膜131は、図29に示すように、石英基板102上に、フリー層F、膜厚が2.4nm(24Å)のCuからなる導電性のスペーサ層S、CoFeからなるピンド層PD、PtMnからなるピニング層PN、チタン(Ti)、タンタル(Ta)等の金属薄膜からなるキャッピング層Cが順次積層されている。

30

フリー層Fは、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、膜厚が8nm(80Å)のCoZrNbアモルファス磁性層131aと、CoZrNbアモルファス磁性層131a上に積層された膜厚が3.3nm(33Å)のNiFe磁性層131bと、NiFe磁性層131b上に積層された1～3nm(10～30Å)程度の膜厚のCoFe層131cとにより構成されている。

このフリー層Fには、その一軸異方性を維持するために、バイアス磁石膜132により図27中Y軸方向にバイアス磁界が付与されている。

40

【0010】

スペーサ層Sは、CuもしくはCu合金からなる金属薄膜である。

CoZrNbアモルファス磁性層131aとNiFe磁性層131bは、軟質の強磁性体であり、CoFe層131cはNiFe磁性層131bのNi、及びスペーサ層SのCuの拡散を防止するものである。

ピンド層PDは、膜厚が2.2nm(22Å)のCoFe磁性層131dにより構成されている。このCoFe磁性層131dは、後述する反強磁性膜131eに交換結合的に裏打されることにより磁化の向きがX軸負方向にピン止め（固着）されている。

【0011】

50

ピニング層PNは、CoFe磁性層131d上に積層されたPtを45～55mol%含むPtMn合金からなる膜厚が24nm(240Å)の反強磁性膜131eにより構成されている。この反強磁性膜131eは、X軸負方向に磁場が印加された結果、規則化されている。

これらピンド層PDとピニング層PNをあわせてピン層と称する。

なお、X軸GMR素子112～114及びY軸GMR素子121～124それぞれの構造も、上記のX軸GMR素子111と全く同様の構造であるから、説明を省略する。

【0012】

次に、X軸GMR素子111～114及びY軸GMR素子121～124の磁気特性について説明する。

X軸GMR素子111は、図30に示すように、X軸に沿って変化する外部磁界[Oe]に対しては、図中実線に示すように、 $-H_k \sim +H_k$ の領域では上記の外部磁界に略比例して抵抗値が変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となるヒステリシス曲線を呈し、Y軸に沿って変化する外部磁界[Oe]に対しては、図中破線に示すように、上記の外部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

【0013】

このX軸GMR素子111、112は、図26中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはX軸負方向となっている。

一方、X軸GMR素子113、114は、図26中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはX軸正方向となっている。

また、Y軸GMR素子121、122は、図26中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはY軸正方向となっている。

一方、X軸GMR素子123、124は、図26中矢印にて示したように、ピンド層のピン止めされた磁化の向きはY軸負方向となっている。

【0014】

X軸磁気センサ(X軸GMR素子111～114)は、図31に示すように、X軸GMR素子111～114がフルブリッジ接続されている。なお、図31において、矢印は各X軸GMR素子111～114のピンド層のピン止めされた磁化の向きを示している。このような構成において、直流電源を用いて一方の端子に V_{xin+} (ここでは5V)を、他方の端子に V_{xin-} (ここでは0V)をそれぞれ印加すると、さらに一方の端子Hから V_{xout+} が、また他方の端子Lから V_{xout-} がそれぞれ取り出され、取り出された電位差($V_{xout+} - V_{xout-}$)がセンサ出力 V_{xout} として出力される。この結果、X軸磁気センサは、図32中実線にて示すように、X軸に沿って変化する外部磁界に対しては、 $-H_k \sim +H_k$ の範囲において同外部磁界に略比例して変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となる出力電圧 V_{xout} を示す。一方、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては、図32中破線にて示すように、略「0V」の出力電圧 V_{xout} を示す。

【0015】

Y軸磁気センサ(Y軸GMR素子121～124)は、X軸磁気センサと同様、図33に示すように、Y軸GMR素子121～124がフルブリッジ接続されている。このような構成において、直流電源を用いて一方の端子に V_{yin+} (ここでは5V)を、他方の端子に V_{yin-} (ここでは0V)をそれぞれ印加すると、さらに一方の端子Hから V_{yout+} が、また他方の端子Lから V_{yout-} がそれぞれ取り出され、取り出された電位差($V_{yout+} - V_{yout-}$)がセンサ出力 V_{yout} として出力される。

この結果、Y軸磁気センサは、図34中破線にて示すように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては、 $-H_k \sim +H_k$ の範囲において同外部磁界に略比例して変化し、この範囲の両側の領域ではほぼ一定となる出力電圧 V_{yout} を示す。一方、X軸に沿って変化する外部磁界に対しては、図34中実線にて示すように略「0V」の出力電圧 V_{yout} を示す。

【0016】

10

20

30

40

50

次に、この磁気センサ 101 の製造方法について説明する。

まず、図 35 に示すように、長方形の石英ガラス 141 上に、個々の GMR 素子を構成するための膜 M を島状に複数、成膜する。これらの膜 M は、石英ガラス 141 が後の切断工程によりブレイクライン B に沿って切断されることで個々の石英基板 102 に分割されたとき、X 軸 GMR 素子 111 ~ 114 及び Y 軸 GMR 素子 121 ~ 124 の位置に配置されるように形成される。また、石英ガラス 141 の四隅には、長方形から十字形を除いた形状のアライメントマーク（位置決め用マーク） 142 を形成しておく。

【0017】

次いで、図 36 及び図 37 に示すように、開口部が正形状の貫通孔 143 が格子状に複数個形成された長方形の金属プレート 144 を準備し、この金属プレート 144 の各貫通孔 143 に、断面形状が貫通孔 143 と略同形状の直方体状の永久磁石片 145、145、…を、各永久磁石片 145 の上端面が金属プレート 144 の表面に平行になるように、かつ、隣接する永久磁石片 145 同士の極性が異なるように、挿入する。

10

【0018】

次いで、図 38 に示すように、金属プレート 144 と略同一形状の透明石英ガラスからなるプレート 151 を準備する。このプレート 151 の四隅各々には、石英ガラス 141 のアライメントマーク 142 と協働して位置決めを行うための十字形のアライメントマーク（位置決め用マーク） 152 を形成しておく。また、石英ガラス 151 には、金属プレートの貫通孔 143、143、…それぞれに対応する位置に、永久磁石 145 の外形形状に対応するアライメントマーク 153 を形成しておく。

20

【0019】

次いで、マグネットアレイの永久磁石片 145、145、…の上端面をプレート 151 の下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマーク 153 を用いて永久磁石片 145、145、…とプレート 151 との位置決めを行う。その後、金属プレート 144 を下方から取り去る。これにより、永久磁石片 145、145、…が格子状に配列され、かつ、隣接する永久磁石片 145 の上端の極性が互いに異なるマグネットアレイが作製される。

次いで、図 40 に示すように、石英ガラス 141 の膜 M がプレート 151 の上面と接するように配置する。石英ガラス 141 とプレート 151 との位置合わせは、アライメントマーク 142、142、…とアライメントマーク 152、152、…とを相互に一致させることで行われる。その後、クリップ等の固定具 155 を複数個用いて、石英ガラス 141 とプレート 151 を固定する。

30

【0020】

この状態では、図 41 に示すように、1 つの永久磁石片 145 の N 極から隣接する永久磁石片 145、145、…の各 S 極に向かう磁界が形成されている。したがって、図 42 に示すように、1 つの永久磁石片 145 の周囲に配置されている膜 M、M、…には、Y 軸正方向、X 軸正方向、Y 軸負方向、及び X 軸負方向の磁界が加わっている。

そこで、石英ガラス 141 とプレート 151 を固定具 155 で固定したまま、真空中にて、250℃~280℃で4時間熱処理する。これにより、GMR 素子のピン層が規則化される。その後、石英ガラス 141 とプレート 151 を分離し、保護のためのパッシベーション膜、ポリイミド膜を形成し、石英ガラス 141 をブレイクライン B で切断する。これにより、磁気センサ 101 が製造される。

40

【0021】

ところで、この二軸の地磁気センサは、従来の AMR 型の磁気抵抗効果素子を 45° 傾けた構造の磁気センサと比較して、バイアス磁界を用いずに地磁気レベルの磁界測定ができるという利点を有するが、強い磁界を加えると、磁化状態が変化し、ブリッジのオフセットが変化してしまうという問題点がある。

そこで、GMR 素子の両端に永久磁石を取り付け、強磁界でのオフセットの動きを抑制する方法も考えられる。具体的には、GMR 素子の長手方向、すなわち、フリー層の長手方向に永久磁石の保磁力 H_c より大きい磁界を印加して、永久磁石の着磁と同時にフリー層

50

の初期化を行う。この方法には、上記のピン層の規則化熱処理で用いられたマグネットアレイを用いることができる。

【0022】

しかしながら、この方法においては、規則化熱処理の際にGMR素子の長手方向と直交する方向に磁界を与え、また、永久磁石膜の着磁の際にGMR素子の長手方向と同じ方向に磁界を与える必要があるため、それぞれの工程においては、付与する磁界の向きが異なることとなる。

また、マグネットアレイは、規則化熱処理の際には、石英ガラス上の各セルの中心とマグネットアレイの永久磁石片の重心が一致するように配置し、永久磁石膜の着磁の際には、石英ガラスの四隅に永久磁石片の重心が一致するようにずらして配置することになるので、マグネットアレイに位置ずれが生じて初期化の向きがずれてしまい、測定精度が劣ったものとなる。また、使用時には、強磁場が印加された場合にオフセットが変動し易くなる。

このように、GMR素子の弱磁場でのヒステリシス低減の効果はあるものの、オフセットの安定性は不十分である。

また、GMR素子の下側に薄膜コイルを埋設し、初期化磁界を印加することにより、強磁界で動いた磁化状態を元へ戻すことも考えられるが、この方法においても、オフセットの安定性は不十分である。

【0023】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであって、強い磁界が加わった場合におけるオフセットの動きを抑制することができ、その結果、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は次の様な磁気センサ及びその製造方法を提供した。すなわち、本発明の磁気センサは、基板上に、少なくとも1つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子のピン層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、45°の角度をなすことを特徴とする磁気センサ。

【0025】

この磁気センサでは、前記磁気抵抗効果素子のピン層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とが、45°の角度をなすことにより、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きが抑制される。これにより、耐強磁界特性を向上させることが可能になる。

【0026】

本発明の他の磁気センサは、基板上に、少なくとも1つの磁気抵抗効果素子が形成され、この磁気抵抗効果素子の両端には永久磁石膜がそれぞれ接続され、この磁気抵抗効果素子により磁界の大きさを検出する磁気センサにおいて、前記磁気抵抗効果素子のピン層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、45°の角度をなすことを特徴とする。

【0027】

この磁気センサでは、前記磁気抵抗効果素子のピン層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとが、45°の角度をなすことにより、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きが抑制される。これにより、耐強磁界特性を向上させることが可能になる。

【0028】

本発明の磁気センサにおいては、前記磁気抵抗効果素子の規則化熱処理により規則化されたピン層によりピン止めされたピン層の磁化の向きは、永久磁石膜の着磁後の磁化の向きと同じであることが好ましい。

10

20

30

40

50

また、前記永久磁石膜の着磁後の磁化の向きは、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の長手方向と同じであることが好ましい。

【0029】

本発明の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことを特徴とする。

10

【0030】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えることなく配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して45°の角度で傾斜する磁化を容易に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが45°の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

20

【0031】

本発明の他の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする。

30

【0032】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して45°の角度で傾斜する磁化を容易に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが45°の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

40

【0033】

本発明のさらに他の磁気センサの製造方法は、基板上に、永久磁石膜を形成する工程と、ピニング層、ピンド層及びフリー層を含むスピバルブ膜を形成する工程と、前記ピニング層を規則化熱処理する工程と、磁気抵抗効果素子の両端に前記永久磁石膜が接合されるように、スピバルブ膜をパターニングして磁気抵抗効果素子とする工程と、前記永久磁石膜を着磁する工程と、を含む磁気センサの製造方法において、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対

50

角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことを特徴とする。

【0034】

この磁気センサの製造方法では、前記規則化熱処理を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することとし、前記永久磁石膜の着磁を、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うことにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層に対して、その長軸に対して 45° の角度で傾斜する磁化を容易に付与する。これにより、前記磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとが 45° の角度をなすように、前記磁気抵抗効果素子のピンド層が容易にピン止めされる。

【0035】

【発明の実施の形態】

本発明の磁気センサ及びその製造方法の各実施の形態について図面に基づき説明する。

【0036】

「第1の実施形態」

図1は本発明の第1の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、GMR素子を用いた二軸の磁気センサの例である。

この磁気センサ1は、所定の厚みを有する略正形状の石英基板2と、この石英基板2上に形成されX'軸方向の磁界を検出するX軸磁気センサを構成するX軸GMR素子11～14と、同石英基板2上に形成されX'軸と直交するY'軸方向の磁界を検出するY軸磁気センサを構成するY軸GMR素子21～24とにより構成されている。具体的には、図1に示すX軸、Y軸とそれぞれ 45° の角度をなすX'軸、Y'軸の方向に、X軸磁気センサとY軸磁気センサの感度方向がある。

この石英基板2の代わりに、シリコンウエハを用いてもよい。

【0037】

X軸GMR素子11～14は、石英基板2上のX軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一つづつ、かつ二つの素子同士が互いに平行になるように配置されている。Y軸GMR素子21～24も同様に、石英基板2上のY軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一つづつ、かつ二つの素子同士が互いに平行になるように配置されている。

【0038】

これらX軸GMR素子11～14及びY軸GMR素子21～24は、互いに平行に配置されたスピバルブ膜からなる複数の帯状の磁気抵抗効果素子31と、この磁気抵抗効果素子31の長軸方向の両端部に接続され高保磁力、高角型比を有するCoCrPt等の硬質強磁性体の薄膜からなる永久磁石膜32、32とにより構成され、これら互いに隣接する磁気抵抗効果素子31の長手方向と、永久磁石膜32、32のそれぞれの長手方向とは、 45° の角度をなしている。

【0039】

この磁気抵抗効果素子31は、その長軸方向が近接する石英基板2の辺に対して 45° となるように形成されている。また、永久磁石膜32、32は、その長軸方向が近接する石英基板2の辺に対して平行になるように、かつ前記辺からの距離が互いに異なるように形成されている。

磁気抵抗効果素子31のフリー層の磁化の向きは、その長軸に沿う方向であり、永久磁石膜32、32の磁化の向きも、その長軸に沿う方向であるから、磁気抵抗効果素子31のフリー層の磁化の向きと永久磁石膜32、32の磁化の向きとは 45° の角度となっている。

【0040】

この磁気抵抗効果素子31のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、この磁気抵抗効果素子31の長手方向とは、 45° とされている。すなわち、規則化熱処理の際の磁界の向きと、磁気抵抗効果素子31の長手方向とは、 45° とされている。

また、この磁気抵抗効果素子31のピンド層のピン止めされた磁化の向きは、永久磁石膜32、32の磁化の向きと同じとされている。すなわち、規則化熱処理の際の磁界の向き

10

20

30

40

50

は、着磁の際の磁界の向きと同じとされている。

【0041】

上記のスピンバルブ膜そのものの構造は、従来のX軸GMR素子111～114及びY軸GMR素子121～124のスピンバルブ膜131と全く同一の構造であるから、ここでは、膜構造の詳細については説明を省略する。

これらX軸GMR素子11～14及びY軸GMR素子21～24においては、磁気抵抗効果素子31のピンド層PDの磁化の方向と、永久磁石膜32の磁化の方向が同じである。また、磁気抵抗効果素子31のフリー層Fの長軸方向と、永久磁石膜32の長軸方向とは、45°傾斜した状態で接続されている。

【0042】

次に、この磁気センサ1の製造方法について説明する。

従来の磁気センサ101と同様、長方形の石英ガラス上に、個々のGMR素子に接続される永久磁石膜32、32を島状に複数、成膜する。ここでは、図2に示すように、これらの膜N、Nにより画定されるGMR素子が配置される領域Mは、石英ガラス41が後の切断工程によりブレイクラインBに沿って切断されることで個々の石英基板2に分割されたとき、X軸GMR素子11～14及びY軸GMR素子21～24の位置に配置されるように形成される。

また、石英ガラス41の四隅には、アライメントマーク（図示せず）を形成しておく。この永久磁石膜32、32の形成後、GMR素子を構成するための膜を全面に成膜する。

【0043】

次いで、図3に示すように、開口部が正形状の貫通孔43が格子状に複数個形成された金属プレート44を準備し、この金属プレート44の各貫通孔43に、断面形状が貫通孔43と略同形状の直方体状の永久磁石膜片45、45、…を、各永久磁石片45の上端面が金属プレート44の表面に平行になるように、かつ、隣接する永久磁石片45同士の極性が異なるように、挿入する。

次いで、金属プレート44と略同一形状の透明石英ガラスからなるプレートを準備する。貫通孔43内の位置に対応するアライメントマーク153の位置は、従来のプレートの位置と同じである。

【0044】

一方、後に石英ガラスと位置決めを行うためのアライメントマーク152については、これらのアライメントマーク152の位置から石英基板2の辺の長さの1/2だけX軸負方向及びY軸負方向にずらした（以下、「半ピッチずらした」という）位置にアライメントマークを形成する。

なお、従来のアライメントマーク152と半ピッチずらしたアライメントマークを共存させてもよい。

上記の永久磁石片45、45、…が格子状に配列されたマグネットアレイの永久磁石片45、45、…の上端面を、このプレートの下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマーク153を用いて永久磁石片45、45、…とプレートとの位置決めを行う。

その後、金属プレート44を取り去る。これにより、永久磁石片45、45、…が格子状に配列され、かつ、隣接する永久磁石片45同士の極性が異なるマグネットアレイが作製される。

【0045】

次いで、石英ガラス41の膜Mがプレートの上面と接するように配置する。石英ガラス41とプレートとの位置合わせは、プレートの半ピッチずらしたアライメントマークと石英ガラス41の従来のアライメントマークを相互に一致させることで行われる。これにより、石英ガラス41中の個々のセルとなる石英基板2の四隅が永久磁石片45、45、…それぞれの重心の位置に対応することとなる。その後、クリップ等の固定具を複数個用いて、石英ガラス41とプレートを固定する。

【0046】

10

20

30

40

50

次いで、磁気抵抗効果素子 3 1 のピン層 P N の規則化熱処理、これに伴うピンド層 P D のピン止めを行う。

石英ガラス 4 1 とプレートを固定した状態では、図 2 に示すように、後の切断工程により分割される石英基板 2 の四隅に、隣接する永久磁石片 4 5 の極性が互いに異なるように、永久磁石片 4 5、4 5、…が配置されるので、一方の永久磁石片 4 5 (N 極) から、他方の永久磁石片 4 5 (S 極) に向かう磁界が形成されることとなる。この磁界は石英基板 2 の各辺と平行であるから、各膜 M においては、磁気抵抗効果素子 3 1 のピン層の長軸方向に対して 45° 傾斜した方向に磁界が印加されることとなる。

【0047】

その後、石英ガラス 4 1 とプレートを固定具で固定したまま、真空中にて、250℃～280℃で4時間熱処理する。

これにより、X 軸 GMR 素子 1 1～1 4 及び Y 軸 GMR 素子 2 1～2 4 各々の磁気抵抗効果素子 3 1 のピン層のうち、ピン層 P N の規則化熱処理を行うことができる。これにより、ピンド層 P D は交換結合によりピン止めされる。

ここで、X 軸 GMR 素子 1 1～1 4 及び Y 軸 GMR 素子 2 1～2 4 を、所定の形状となるようにパターニングし、永久磁石 3 2、3 2 に接続し、つづらおり状とする。

この磁気センサ 1 では、磁気抵抗効果素子 3 1 のピン層の X 軸感度方向 F 1 及び Y 軸感度方向 F 2 は、図 5 の様に、それぞれの方向が石英基板 2 の各辺に対して 45° 傾斜した方向となる。

【0048】

次いで、図 6 に示すように、同一のマグネットアレイを用い、しかも、このマグネットアレイの位置を変えることなく、石英基板 2 の四隅と永久磁石片 4 5、4 5、…それぞれの重心の位置が一致するように配置された状態で永久磁石膜 3 2 の着磁を行う。

ここでは、永久磁石膜 3 2 の着磁における磁界の印加方向を、磁気抵抗効果素子 3 1 のピンド層 P の着磁における磁界の印加方向と同一とする。

このようにして、磁気抵抗効果素子 3 1 のピンド層 P D がピン止めされ、かつ永久磁石膜 3 2 が着磁された磁気センサ 1 を作製することができる。

【0049】

図 7 は、この磁気センサ 1 の X 軸磁気センサ (X 軸 GMR 素子 1 1～1 4) のブリッジ接続を示すブロック図であり、図中、X₁ は X 軸 GMR 素子 1 1、1 2 からなる素子群であり、X₂ は X 軸 GMR 素子 1 3、1 4 からなる素子群である。

これら X 軸 GMR 素子 1 1～1 4 の感度方向は、図 5 の X 軸感度方向 F 1 となるから、外部から X 軸感度方向 F 1 に磁場が加わった場合、図中、H が高電位となり、外部から X 軸感度方向 F 1 と逆方向に磁場が加わった場合、図中、L が高電位となる。

【0050】

図 8 は、この磁気センサ 1 の Y 軸磁気センサ (Y 軸 GMR 素子 2 1～2 4) のブリッジ接続を示すブロック図であり、図中、Y₁ は Y 軸 GMR 素子 2 1、2 2 からなる素子群であり、Y₂ は Y 軸 GMR 素子 2 3、2 4 からなる素子群である。

これら Y 軸 GMR 素子 2 1～2 4 の感度方向は、図 5 の Y 軸感度方向 F 2 となるから、外部から Y 軸感度方向 F 2 に磁場が加わった場合、図中、H が高電位となり、外部から Y 軸感度方向 F 2 と逆方向に磁場が加わった場合、図中、L が高電位となる。

【0051】

図 9 は、この磁気センサ 1 の X 軸 GMR 素子 1 1～1 4 及び Y 軸 GMR 素子 2 1～2 4 各々の磁気特性を示す図であり、図 10 は従来の X 軸 GMR 素子 1 1 1～1 1 4 及び Y 軸 GMR 素子 1 2 1～1 2 4 各々の磁気特性を示す図である。

図中、実線は各 GMR 素子の感度方向の磁気特性を、破線は同じ GMR 素子の無感度方向の磁気特性を、それぞれ示している。

【0052】

本実施形態の GMR 素子では、感度方向のループにはヒステリシスが認められず、無感度方向のループにヒステリシスが認められるが、このヒステリシスは磁場が零あるいはその

10

20

30

40

50

近傍では無く、これにより、耐強磁界特性が向上したものとなっている。

一方、従来の各GMR素子においても、無感度方向のループにヒステリシスが認められるが、このヒステリシスは磁場が零の近傍にあるために、耐強磁界特性が低下したものとなっている。

したがって、本実施形態のGMR素子は、磁気抵抗効果素子31の長手方向と永久磁石膜32、32のそれぞれの長手方向とを45°とすることで、従来のGMR素子に比べて耐強磁界特性が大幅に向上していることが分かる。

【0053】

以上説明した様に、本実施形態の磁気センサ1によれば、石英基板2上にX軸GMR素子11～14及びY軸GMR素子21～24を形成し、これらX軸GMR素子11～14及びY軸GMR素子21～24各々の磁気抵抗効果素子31のピン層PDの磁化の方向とフリー層Fの磁化の方向とのなす角度を45°としたので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

【0054】

また、本実施形態の磁気センサ1の製造方法によれば、後の切断工程により分割される石英基板2の四隅に、隣接する永久磁石片45の極性が互いに異なるように、永久磁石片45、45、…を配置し、各膜Mに、その長軸方向と一致する磁界を印加するので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる磁気センサ1を、簡単な工程でしかも容易に作製することができる。

【0055】

本実施形態においては、形状も間隔も位置も変更しない全く同一の貫通孔に対応するプレートであって、半ピッチずらしたアライメントマークを形成したものをを用いたが、貫通孔43の位置だけを半ピッチずらした別のプレートを用いてもよい。また、半ピッチずらしたアライメントマークと従来のアライメントマークの両方を形成したものをを用いてもよい。

【0056】

また、マグネットアレイは、上述した石英ガラスからなるプレート44に永久磁石片45を接着したものその他、図11(a)に示すように、例えば、42アロイ等のニッケル鉄(Ni-Fe)合金からなる基板46上に、永久磁石片45の外形形状に対応する貫通孔43が複数個形成されたタングステン(W)等からなる金属プレート47を配置して、これら基板46及び金属プレート47を接着し、貫通孔43各々に永久磁石片45を装着したものをを用いてもよい。

これら基板46及び金属プレート47は、図11(b)に示すように、従来と同様、石英ガラス41にクリップ等の固定具155を複数個用いて固定される。

【0057】

このマグネットアレイでは、42アロイ等のニッケル鉄(Ni-Fe)合金やタングステン(W)は、シリコン(Si)と熱膨張係数が近いので、加熱により熱膨張が生じた場合においても、位置ずれを生じる虞がなく、アレイの精度が向上する。また、金属プレート47は外すことなく、そのままマグネットアレイの一部として用いられるので、永久磁石片45の保持精度が向上し、しかも製造が容易である。

【0058】

「第2の実施形態」

図12は本発明の第2の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、本実施形態の磁気センサ50が第1の実施形態の磁気センサ1と異なる点は、磁気抵抗効果素子31の長軸方向が、石英基板2の近接する辺と平行になっている点である。

すなわち、この磁気センサ50は、所定の厚みを有する略正方形の石英基板2と、この石英基板2上に形成されX軸方向の磁界を検出するX軸磁気センサを構成するX軸GMR素子51～54と、同石英基板2上に形成されX軸と直交するY軸方向の磁界を検出する

10

20

30

40

50

Y軸磁気センサを構成するY軸GMR素子61～64とにより構成されている。

【0059】

X軸GMR素子51～54は、石英基板2上のX軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一つずつ、かつ一对の素子同士が互いに平行になるように配置されている。Y軸GMR素子61～64も同様に、石英基板2上のY軸に直交する二辺それぞれの中点の近傍に一つずつ、かつ一对の素子同士が互いに平行になるように配置されている。

【0060】

これらX軸GMR素子51～54及びY軸GMR素子61～64は、互いに平行に配置された複数の帯状のスピンバルブ膜からなる全体形状が略平行四辺形状の磁気抵抗効果素子31と、この磁気抵抗効果素子31の長軸方向の両端部に接続され高保磁力、高角型比を有するCoCrPt等の硬質強磁性体の略正方形形状の薄膜からなる永久磁石膜32、32とにより構成され、これら磁気抵抗効果素子31及び永久磁石膜32、32それぞれの長手方向が一致するように配置されている。

10

【0061】

この磁気抵抗効果素子31は、その長軸方向が近接する石英基板2の辺に平行に形成されている。また、永久磁石膜32、32も、その長軸方向が近接する石英基板2の辺に平行になるように、かつ前記辺からの距離が互いに等しくなるように形成されている。

磁気抵抗効果素子31のピンド層の磁化の向きは、その長軸に対して45°傾斜した方向であり、永久磁石膜32、32の磁化の向きは、その長軸に沿う方向であるから、磁気抵抗効果素子31のピンド層の磁化の向きと永久磁石膜32、32の磁化の向きとは45°の角度をなすことになる。

20

【0062】

上記のスピンバルブ膜そのものの構造は、第1の実施形態の磁気センサ1と全く同様、従来のX軸GMR素子111～114及びY軸GMR素子121～124のスピンバルブ膜131と全く同一の構造であるから、ここでは、膜構造の詳細については説明を省略する。

【0063】

これらX軸GMR素子51～54及びY軸GMR素子61～64においては、磁気抵抗効果素子31のピンド層PDの長軸方向と、永久磁石膜32の長軸方向が一致するように接続されている。

30

この磁気抵抗効果素子31のピンド層PDにおいては、その磁化の方向が、その長軸方向に対して45°傾斜しているので、磁気抵抗効果素子31のピンド層PDの磁化の方向と、永久磁石膜32の磁化の方向とのなす角度は45°となる。

【0064】

次に、この磁気センサ50の製造方法について説明する。

本実施形態においては、2種のマグネットアレイを使用する。

上記の磁気センサ1と同様、長方形の石英ガラス上に、永久磁石膜32、32及び個々のGMR素子を構成するためのスピンバルブ膜を成膜する。

【0065】

次いで、図13に示すように、開口部が長方形形状の貫通孔43が45°をなすように平行に複数個形成された長方形の第1の金属プレート67を準備し、この第1の金属プレート67の各貫通孔43に、断面形状が貫通孔43と略同形状の直方体状の永久磁石からなる棒磁石68、68、…を、各棒磁石68の上端面が第1の金属プレート67の表面に平行になるように、かつ、隣接する棒磁石68同士の極性が異なるように、挿入する。その後、第1の金属プレート67を取り去る。これにより、棒磁石68、68、…が平行に配列され、かつ、隣接する棒磁石68同士の極性が異なるマグネットアレイが作製される。

40

【0066】

次いで、第1の実施形態と同様、第1の金属プレート67と略同一形状の第1の透明石英ガラスからなるプレートを準備し、上記の棒磁石68、68、…が平行に配列された第1

50

のマグネットアレイの棒磁石 6 8、6 8、…の上端面を、この第 1 のプレートの下面に接着剤により接着する。このとき、アライメントマークを用いて棒磁石 6 8、6 8、…と第 1 のプレートとの位置決めを行う。

次いで、石英基板が第 1 のプレートの上面と接するように配置する。石英ガラス 4 1 と第 1 のプレートとの位置合わせは、アライメントマークを相互に一致させることで行われる。その後、クリップ等の固定具を複数個用いて、石英ガラス 4 1 と第 1 のプレートを固定する。

このような棒磁石 6 8、6 8、…を平行に配列したマグネットアレイは、その位置及び間隔がずれても、磁場の向きにずれが生じないので、規則化熱処理の際に、ばらつきが生じず、精度がよい。

【0067】

本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様、例えば、4 2 アロイのニッケル鉄 (Ni-Fe) 合金からなる基板上に、棒磁石 6 8 の外形形状に対応する貫通孔が複数個形成されたタングステン (W) 等からなる金属プレートを配置して、これら基板及び金属プレートを接着し、貫通孔各々に棒磁石 6 8 を装着したものをを用いてもよい。

【0068】

マグネットアレイとしては、上述のマグネットアレイの他、下記に挙げるような様々な構造のマグネットアレイを用いてもよい。

(1) 極性の異なる棒磁石を交互に配置したマグネットアレイ

図 1 4 (a) に示すように、Si 基板 7 1 の表面 (一主面) 7 1 a に、ダイシングソー 7 2 を用いて平行な複数の溝 7 3 を形成する。これらの溝 7 3 の幅は、装着される棒磁石 6 8 の幅と略同一とし、また、ダイシングソー 7 2 の幅とも略同一とする。また、これらの溝 7 3 の間隔は、上述のマグネットアレイと同様、石英基板 2 の対角線の長さの $1/2$ とする。

【0069】

次いで、図 1 4 (b) に示すように、これらの溝 7 3 各々に、棒磁石 6 8 を、隣り合う棒磁石 6 8、6 8 の極性が異なるように挿入する。この場合、棒磁石 6 8、6 8、…の極性は、図 1 5 に示すように、Si 基板 7 1 の表面 7 1 a 側で N、S、N、…と交互に配置されたものとなっている。

この様にして、Si 基板 7 1 に極性の異なる棒磁石 6 8 を交互に配置したマグネットアレイを作製することができる。

【0070】

このマグネットアレイでは、隣り合う棒磁石 6 8、6 8 の間隔は、石英基板 2 の対角線の長さの $1/2$ とされているので、これを石英ガラス 4 1 上に載置した場合、図 1 6 に示すように、1 つの棒磁石 6 8 を 1 つのセル (後工程で分割される石英基板 2 となる領域) 7 5 の対角線上に合わせると、これに隣接する棒磁石 6 8、6 8 は前記対角線を挟んで対称の位置にあるセル 7 5 の隅部に位置することとなる。

【0071】

(2) 極性の同じ棒磁石を互いに平行に配置したマグネットアレイ

図 1 7 (a) に示すように、4 2 アロイ (Ni-Fe 合金) 基板 7 7 の表面 (一主面) 7 7 a に、ダイシングソー 7 2 を用いて平行な複数の溝 7 3 を形成する。これらの溝 7 3 の幅は、装着される棒磁石 6 8 の幅と略同一とする。また、これらの溝 7 3 の間隔は、石英基板 2 の対角線の長さと同じとする。

次いで、図 1 7 (b) に示すように、これらの溝 7 3 各々に、棒磁石 6 8 を、隣り合う棒磁石 6 8、6 8 の極性が同じになるように挿入する。この場合、棒磁石 6 8、6 8、…の極性は、図 1 8 に示すように、4 2 アロイ基板 7 7 の表面 7 7 a 側で、例えば、N、N、…と交互に配置されたものとなっている。

【0072】

ここでは、図 1 8 に示すように、隣接する棒磁石 6 8、6 8 の間の 4 2 アロイが N と逆の極性 S をもつので、棒磁石 6 8、6 8、…が N、これらの間の 4 2 アロイが S というよう

に、見かけ上、表面 77a 上の一方向（図 18 中、左右方向）に沿って、N、S、N、…と極性の異なる棒磁石が石英基板 2 の対角線の $1/2$ の長さの間隔で、平行に配置されたものと同じ状態になる。

この様にして、42 アロイ基板 77 に極性の同じ棒磁石 68 を互いに平行に配置したマグネットアレイを作製することができる。

【0073】

このマグネットアレイでは、隣り合う棒磁石 68、68 の間隔は、石英基板 2 の対角線の長さに等しいとされているので、これを石英ガラス 41 上に載置した場合、図 19 に示すように、1 つの棒磁石 68 を 1 つのセル 75 の対角線上に合わせると、この対角線を挟んで対称の位置にあるセル 75 の隅部は、この棒磁石 68 と、これに隣接する棒磁石 68、68 との間隔を 2 等分する線分 76、76 に一致することとなる。これらの線分 76、76 の位置は、棒磁石 68 と極性の異なる磁石（S 極）と等価であるから、セル 75 の隅部には磁石の S 極が配置された状態となる。

10

このようなマグネットアレイを用いると、棒磁石 68 同士が引き合っただけで倒れたり、回転したり等が無く、薄い金属プレートでは防止することができなかった棒磁石 68 の固定を容易かつ精度良く行うことができる。

【0074】

次いで、磁気抵抗効果素子 31 のピン層のうち、ピニング層 PN の規則化熱処理を行う。図 20 に示すように、棒磁石 68、68、…を、隣接する棒磁石 68、68 の両端の極性が互いに異なるように、石英ガラス 41 上に、その一辺に対して 45° 傾斜した状態で載置する。

20

この場合、隣接する棒磁石 68、68 の間では、一方から他方へ向かう磁界が形成されることとなるが、この磁界は石英基板 2 の各辺に対して 45° 傾斜しているので、スピナル膜の領域 M には、その長軸方向に対して 45° 傾斜する方向の磁界が印加されることとなる。

【0075】

その後、石英ガラス 41 とプレートを固定具で固定したまま、真空中にて、 $250^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C}$ で 4 時間熱処理する。

これにより、X 軸 GMR 素子 51～54 及び Y 軸 GMR 素子 61～64 各々の磁気抵抗効果素子 31 のピニング層の規則化熱処理を行うことができる。

30

この後、第 1 の実施形態と同様に、スピナル膜のパターニングを行う。

この磁気センサ 50 では、磁気抵抗効果素子 31 のピンド層 P の X 軸感度方向 F1 及び Y 軸感度方向 F2 は、図 21 の様になる。

【0076】

次いで、図 22 に示すように、第 1 の実施形態にて用いたマグネットアレイと同様の構成のマグネットアレイを用いて永久磁石膜 32 の着磁を行う。

ここでは、第 1 の実施形態と同様、後の切断工程により分割される石英基板 2 の四隅に、隣接する永久磁石片 45 の極性が互いに異なるように、永久磁石片 45、45、…が配置されるので、一方の永久磁石片 45（N 極）から、他方の永久磁石片 45（S 極）に向かう磁界が形成されることとなる。この磁界は石英基板 2 の各辺と平行であるから、永久磁石膜 32 には、その長軸方向と一致する磁界が印加されることとなる。

40

【0077】

このようにして、磁気抵抗効果素子 31 のピン層のフリー層 F の初期化及び永久磁石膜 32 が着磁された磁気センサ 50 を作製することができる。

この磁気センサ 50 のブリッジ接続については、第 1 の実施形態と全く同様である。

本実施形態においても、第 1 の実施形態と全く同様の効果を奏することができる。

【0078】

「第 3 の実施形態」

上記の第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態にて用いたマグネットアレイと同様の構成のマグネットアレイを用いて永久磁石膜 32 の着磁を行ったが、この着磁は、第 2 の実施形

50

態の規則化熱処理で用いたマグネットアレイを、その位置を変えることなく、そのまま用いることによって行うことができる。

この着磁では、後の工程により分割される石英基板 2 の対角線に沿い、かつ、この石英基板 2 の一辺に対して 45° の角度で傾斜してなる磁界が形成されるため、石英基板 2 の各辺に対して平行にその長軸が形成されている永久磁石膜 3 2 には、その長軸と 45° の角度をなす方向の磁界が印加されることとなる。

【0079】

この場合、フリー層 F の端部は、この永久磁石膜 3 2 の着磁と同じ向きで初期化されることになる。一般にフリー層 F では、初期化の向きは形状異方性によりその長手方向に揃ったものとなるために、全体としては、GMR 素子の長手方向、すなわち石英基板 2 の一辺に沿った方向に初期化されることとなる。

10

このようにして、磁気抵抗効果素子 3 1 のフリー層 F の初期化及び永久磁石膜 3 2 が着磁された磁気センサを作製することができる。

本実施形態では、フリー層 F の端部でのロスがある分、第 2 の実施形態の磁気センサより感度が劣るが、第 1 の実施形態と同様、磁界の向きが同じなので、強磁界におけるオフセット変動が小さい。

【0080】

「第 4 の実施形態」

図 2 3 は本発明の第 4 の実施形態の磁気センサを示す平面図であり、本実施形態の磁気センサ 8 1 が第 2 の実施形態の磁気センサ 5 0 と異なる点は、第 2 の実施形態の磁気センサ 5 0 では、X 軸 GMR 素子 5 1、5 2 を石英基板 2 上の X 軸負方向の一辺の中央部近傍に互いに平行になるように配置し、Y 軸 GMR 素子 6 3、6 4 を石英基板 2 上の Y 軸負方向の一辺の中央部近傍に互いに平行になるように配置したのに対し、本実施形態の磁気センサ 8 1 では、X 軸 GMR 素子 5 1、5 2 及び Y 軸 GMR 素子 6 3、6 4 に感度を持たせないために、これら X 軸 GMR 素子 5 1、5 2 及び Y 軸 GMR 素子 6 3、6 4 を石英基板 2 上の中央部に、この石英基板 2 の一辺に対して 45° 傾斜して配置した点である。

20

【0081】

この磁気センサ 8 1 を作製する場合、磁気抵抗効果素子 3 1 のピニング層の規則化熱処理を行う際に、石英ガラス 4 1 を真空中にて、 $250^\circ\text{C} \sim 280^\circ\text{C}$ で 4 時間熱処理するとともに、X 軸 GMR 素子 5 1、5 2 及び Y 軸 GMR 素子 6 3、6 4 に平行に磁界を印加すればよい。すなわち、図 2 4 に示すように、X 軸 GMR 素子 5 1、5 2 及び Y 軸 GMR 素子 6 3、6 4 に沿いかつ図中左下から右上へ向かう方向の強度が一様な磁界を印加するのが望ましい。

30

そして、着磁の際には、上述の実施形態と同様に石英ガラスとプレートを固定してから行う。

【0082】

この様にして、X 軸 GMR 素子 5 1～5 4 及び Y 軸 GMR 素子 6 1～6 4 各々の磁気抵抗効果素子 3 1 のフリー層 F の初期化及び永久磁石膜 3 2 の着磁を行うことができ、磁気抵抗効果素子 3 1 のピンド層 P D 及び永久磁石膜 3 2 が着磁された磁気センサ 7 1 を作製することができる。

40

【0083】

この磁気センサ 8 1 では、中央部に配置されたものを除く磁気抵抗効果素子 3 1 のピンド層 P の X 軸感度方向 F 1 及び Y 軸感度方向 F 2 は、図 2 5 の様になる。

この磁気センサ 8 1 のブリッジ接続については、第 1 の実施形態と全く同様である。

本実施形態においても、第 1 の実施形態と全く同様の効果を奏することができる。

【0084】

「第 5 の実施形態」

本実施形態では、永久磁石膜 3 2 の着磁を行う際に、マグネットアレイを用いず、規則化熱処理の工程と全く同様に、一様な磁界を印加する点を除き、上記の第 4 の実施形態と全く同様である。

50

ここで、永久磁石膜 32 の着磁について説明する。

規則化熱処理の工程と全く同様に、図 24 に示すように、左下から右上へ向かいかつ強度が一樣な磁界を印加する。

【0085】

石英ガラス 41 の辺に沿う X 軸 GMR 素子 51、52 と Y 軸 GMR 素子 63、64 についてみると、後の切断工程により分割される石英基板 2 の対角線から、その一辺に対して 45° の角度で向かう磁界が形成されるので、石英基板 2 の各辺と平行にその長軸が形成されている永久磁石膜 32 には、その長軸と 45° の角度をなす方向の磁界が印加されることになる。

【0086】

一方、フリー層 F の端部は、この永久磁石膜 32 の着磁の向きと同じ向きで初期化されるが、フリー層 F は形状異方性によりその長手方向に揃い、全体としては GMR 素子の長手方向、すなわち石英ガラス 41 の辺に沿う方向に初期化される。

本実施形態では、フリー層 F の端部でのロスがある分、第 2 の実施形態の磁気センサより感度が劣るが、第 1 の実施形態と同様、磁界の向きが同じなので、強磁界におけるオフセット変動が小さい。

【0087】

表 1 は、本発明の磁気センサ（実施例 1～5）と、従来の磁気センサ（従来例）の特性を比較したものである。

ここでは、実施例 1 として第 1 の実施形態の磁気センサ 1 を、実施例 2 として第 2 の実施形態の磁気センサ 50 を、実施例 3 として第 3 の実施形態の磁気センサを、実施例 4 として第 4 の実施形態の磁気センサ 71 を、実施例 5 として第 5 の実施形態の磁気センサを、それぞれ用いた。

【0088】

【表 1】

10

20

| 工程 | 従来例 | | 実施例 1 | | 実施例 2 | | 実施例 3 | | 実施例 4 | | 実施例 5 | |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 直後 | 最終 | 直後 | 最終 | 直後 | 最終 | 直後 | 最終 | 直後 | 最終 | 直後 | 最終 |
| 感度 (mV/Oe) | | 4.1 | 3.6 | 1.8 | 2.0 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 0.95 | 0.95 | 0.90 | 0.90 |
| 100 Oe 浴びた後のオフセット変動 (mV) | | 0.082 | 0.288 | 0.036 | 0.059 | 0.072 | 0.072 | 0.072 | 0.028 | 0.028 | 0.036 | 0.036 |
| 感度に対する変動比率 (%) | | 2 | 8 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| オフセット温度変化 (mV/°C) | | — | 0.018 | 0.009 | 0.0044 | 0.0036 | 0.0036 | 0.0036 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0015 | 0.0015 |
| 温度変化の感度に対する比率 (%) | | — | 0.5 | 0.5 | 0.22 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.19 | 0.19 | 0.17 | 0.17 |

【0089】

表 1 によれば、実施例 1 ～ 5 の磁気センサは、従来例と比較して耐強磁界特性に優れていることが分かった。

実施例 1 ～ 5 においては、従来例と比較して 100 Oe 浴びた後のオフセット変動が小さい。これが「耐強磁界特性」を示す。

実施例 1 ～ 5 の方が、GMR 素子の長手方向と規則化熱処理での磁化の向きが直交してい

る従来例と比べて感度が劣るものの、耐強磁界特性は良好である。

【0090】

また、実施例1～5を比較すると、永久磁石膜の着磁の向きとGMR素子の規則化熱処理の磁化の向きが同じである実施例1、3、5は、これらの向きが同じではない実施例2、4と比べて耐強磁界特性は良好である。

一方、永久磁石膜の着磁の向きとGMR素子の長手方向（フリー層の長手方向）とが一致していない実施例1、3、5については、フリー層の端部では永久磁石膜の着磁の向きに揃うので、ロスが生じ、感度が若干低下しているが、永久磁石膜の着磁の向きとGMR素子の規則化熱処理の磁化の向きが同じであることによる「耐強磁界特性」が良好であるため、感度に対する変動比率が小さい。

10

【0091】

【発明の効果】

以上説明した様に、本発明の磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、該磁気抵抗効果素子の長手方向とは、 45° の角度をなすので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

【0092】

本発明の他の磁気センサによれば、磁気抵抗効果素子のピンド層のピン止めされた磁化の向きと、前記永久磁石膜の磁化の向きとは、 45° の角度をなすので、強い磁界が加わった場合においても、ブリッジのオフセットの動きを抑制することができ、耐強磁界特性を向上させることができる。

20

【0093】

本発明の磁気センサの製造方法によれば、規則化熱処理は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイを用い、前記基板内のセルの四隅それぞれに前記永久磁石片が対応するように、前記マグネットアレイ上に前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、前記マグネットアレイ上に前記基板を、その相対位置を変えことなく配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が 45° とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

30

【0094】

本発明の他の磁気センサの製造方法によれば、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、隣接する永久磁石片同士の極性が異なる様に複数の永久磁石片が配置されたマグネットアレイ上に前記基板を配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が 45° とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

40

【0095】

本発明のさらに他の磁気センサの製造方法によれば、前記規則化熱処理は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、該基板を加熱することにより行い、前記永久磁石膜の着磁は、磁界の向きが前記基板内のセルの対角線方向に一致するように前記基板を配置し、着磁を行うので、前記磁気抵抗効果素子のフリー層の初期化及び前記永久磁石膜の着磁を容易に行うことができる。したがって、前記磁気抵抗効果素子の磁化の向きと前記永久磁石膜の磁化の向きとの角度が 45° とされた本発明の磁気センサを、簡単な工程で、しかも容易に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

50

【図 2】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる金属プレートを示す部分平面図である。

【図 4】従来の磁気センサの製造方法にて用いられる金属プレートを示す部分平面図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの GMR 素子の磁気特性を示す図である。

10

【図 10】従来の磁気センサの GMR 素子の磁気特性を示す図である。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられるマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図 12】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

【図 13】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられるマグネットアレイを示す平面図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図 15】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイの磁界の様子を示す部分斜視図である。

20

【図 16】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる変形例のマグネットアレイと石英基板との位置関係を示す平面図である。

【図 17】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイの製造方法を示す過程図である。

【図 18】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイの磁界の様子を示す部分斜視図である。

【図 19】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法にて用いられる他の変形例のマグネットアレイと石英基板との位置関係を示す平面図である。

【図 20】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法を示す平面図である。

【図 21】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

30

【図 22】本発明の第 2 の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図 23】本発明の第 4 の実施形態の磁気センサを示す平面図である。

【図 24】本発明の第 4 の実施形態の磁気センサの製造方法を示す過程図である。

【図 25】本発明の第 4 の実施形態の磁気センサの感度方向を示す平面図である。

【図 26】本発明者等が既に提案した GMR 素子を用いた二軸の磁気センサを示す平面図である。

【図 27】二軸の磁気センサの GMR 素子を示す平面図である。

【図 28】図 27 の A-A 線に沿う断面図である。

【図 29】GMR 素子のスピンバルブ膜の構造を示す断面図である。

【図 30】GMR 素子の磁気特性を示す図である。

40

【図 31】X 軸磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図 32】X 軸磁気センサの磁気特性を示す図である。

【図 33】Y 軸磁気センサのブリッジ接続を示すブロック図である。

【図 34】Y 軸磁気センサの磁気特性を示す図である。

【図 35】二軸の磁気センサの製造方法に用いられる石英ガラス上に GMR 素子膜を成膜した状態を示す平面図である。

【図 36】二軸の磁気センサの製造方法に用いられるマグネットアレイの作製過程を示す平面図である。

【図 37】図 36 の B-B 線に沿う断面図である。

【図 38】二軸の磁気センサの製造方法において用いられる透明石英ガラスプレートを示

50

す平面図である。

【図 39】石英ガラスにマグネットアレイの永久磁石を接着した状態を示す断面図である。

【図 40】石英ガラスとプレートとを固定具で固定した状態を示す断面図である。

【図 41】マグネットアレイの永久磁石の磁界の向きを示す模式図である。

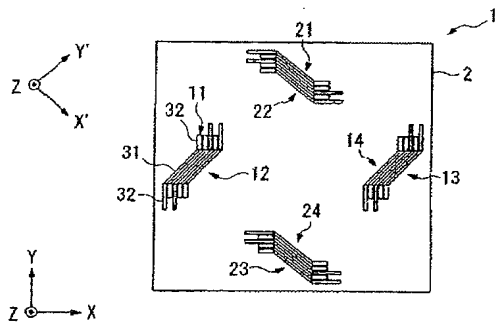
【図 42】二軸の磁気センサの製造方法の一工程の磁性薄膜を磁化する方法を示す平面図である。

【符号の説明】

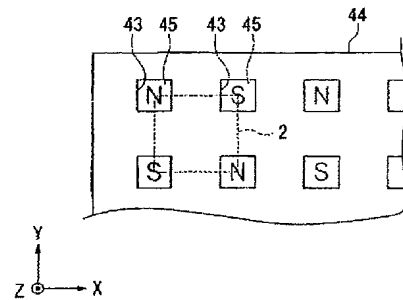
1…磁気センサ、2…石英基板、11～14…X軸GMR素子、21～24…Y軸GMR素子、31…磁気抵抗効果素子、32…永久磁石膜、41…石英ガラス、43…貫通孔、44…金属プレート、45…永久磁石片、50…磁気センサ、51～54…X軸GMR素子、61～64…Y軸GMR素子、67…金属プレート、68…棒磁石、71…Si基板、73…溝、75…セル、77…42アロイ基板、81…磁気センサ。

10

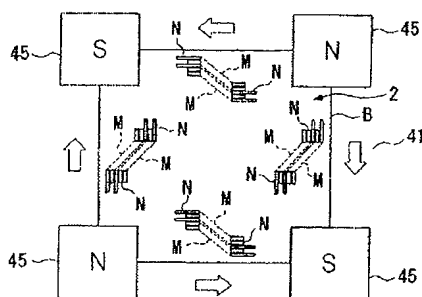
【図1】



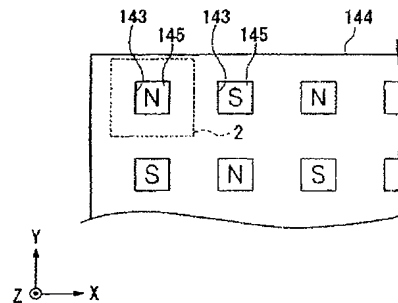
【図3】



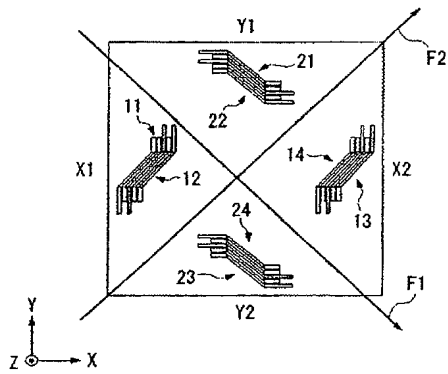
【図2】



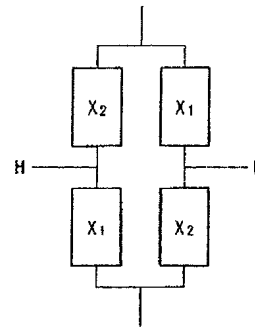
【図4】



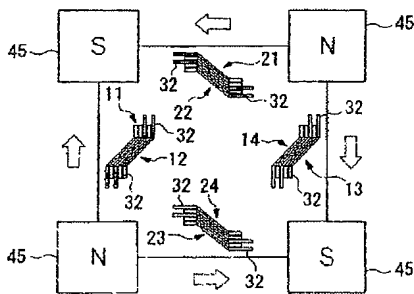
【図5】



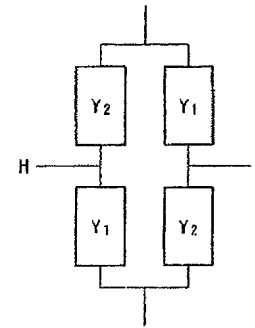
【図7】



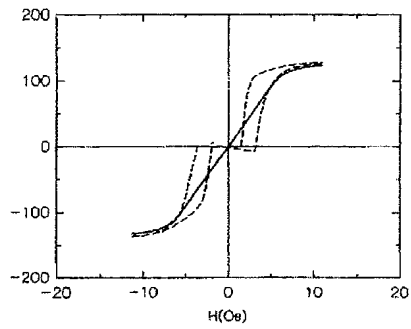
【図6】



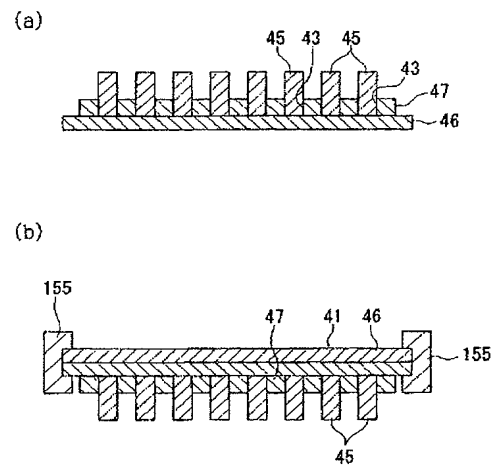
【図8】



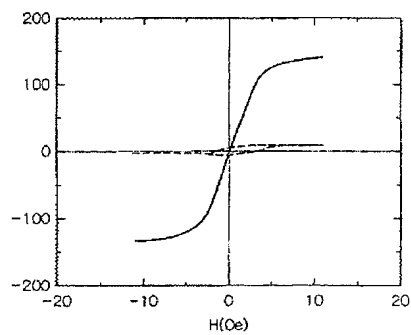
【図9】



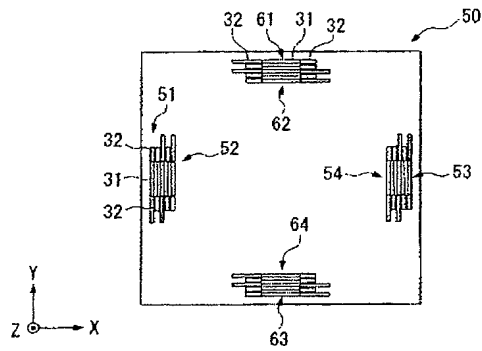
【図11】



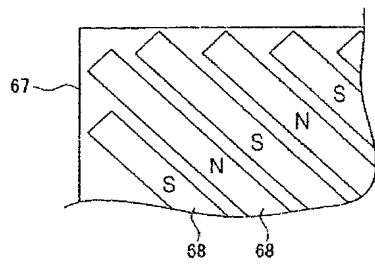
【図10】



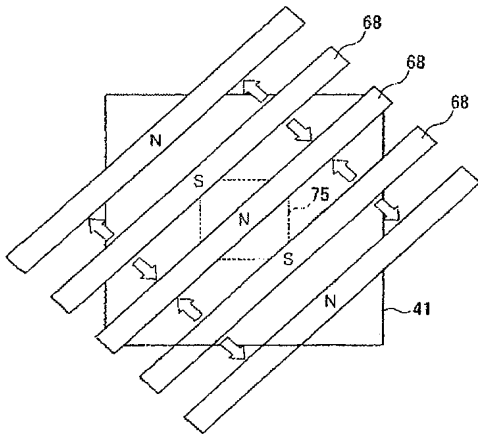
【図12】



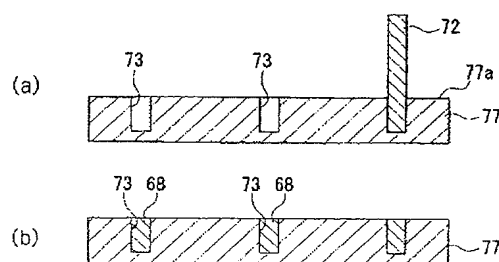
【図13】



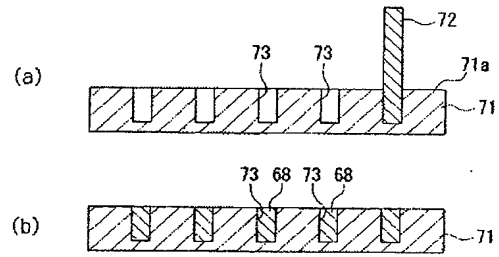
【図16】



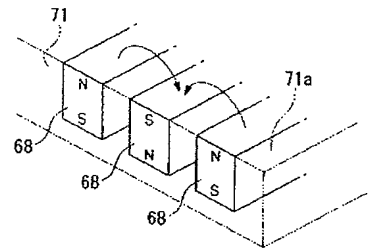
【図17】



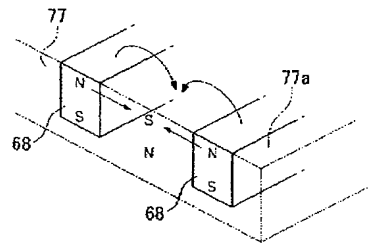
【図14】



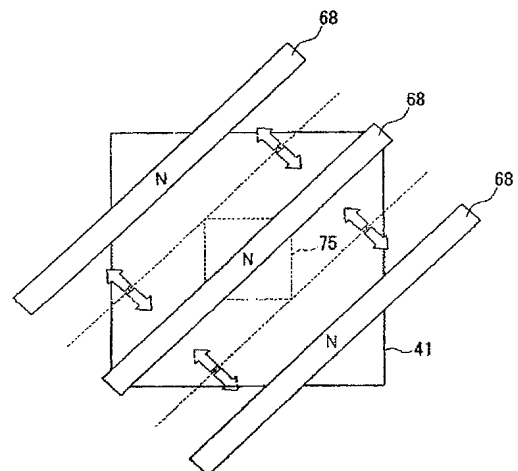
【図15】



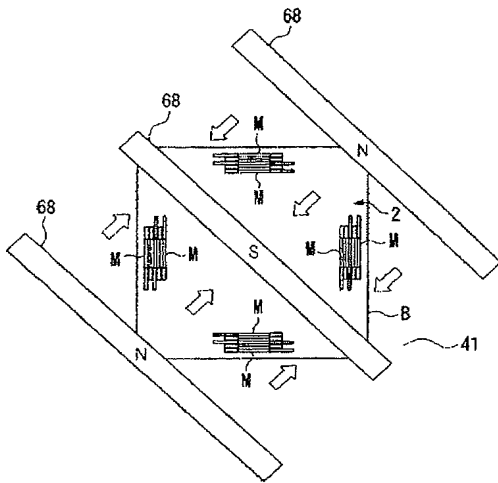
【図18】



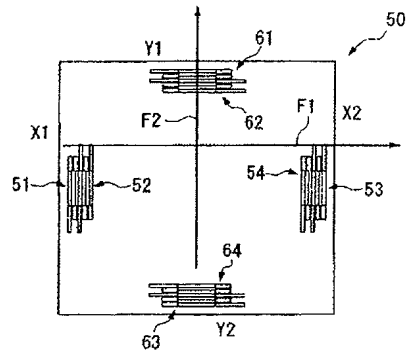
【図19】



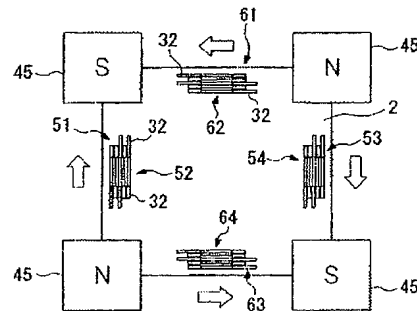
【図20】



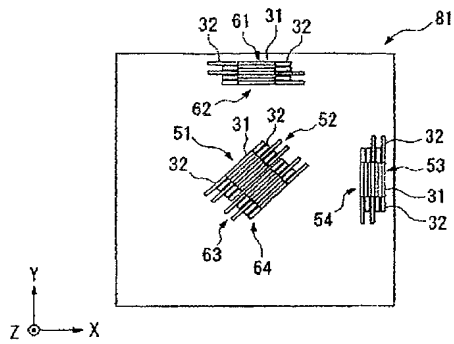
【図21】



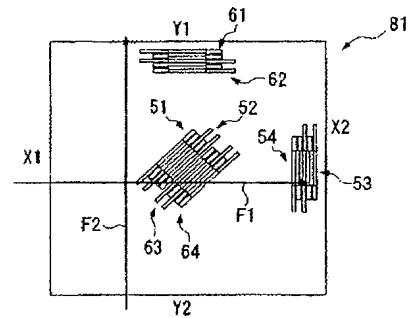
【図22】



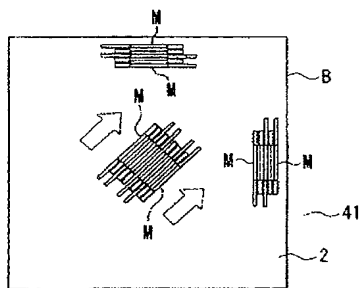
【図23】



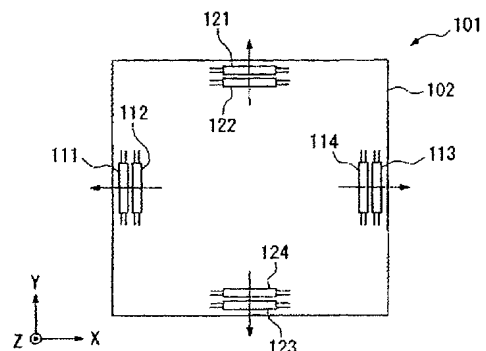
【図25】



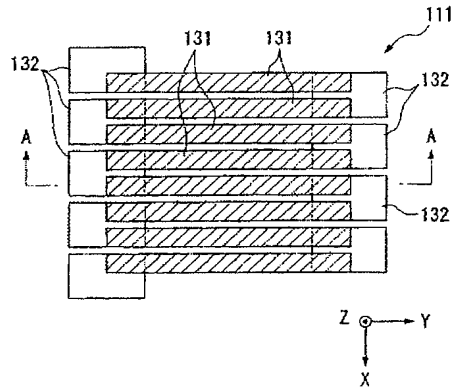
【図24】



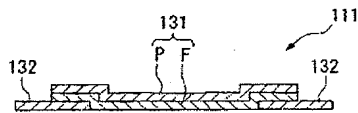
【図26】



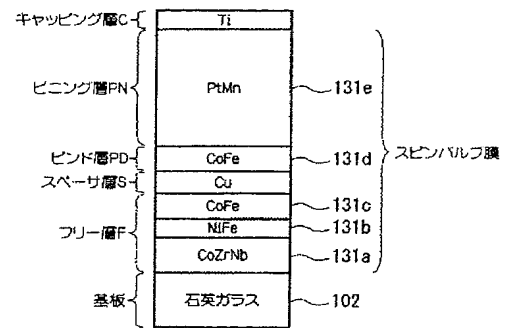
【図27】



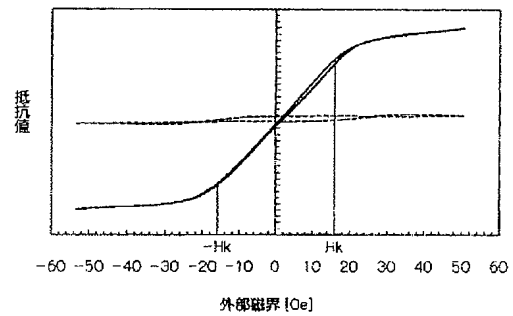
【図28】



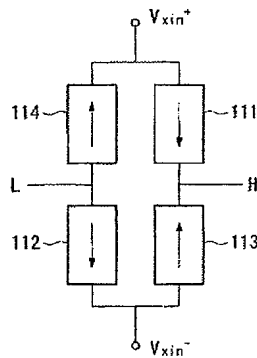
【図29】



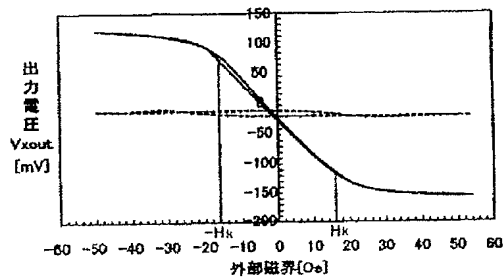
【図30】



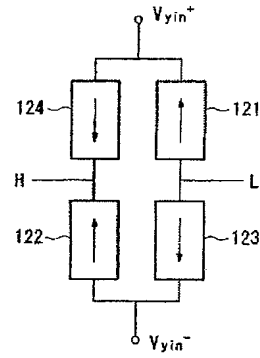
【図31】



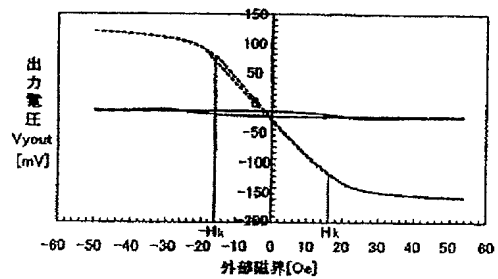
【図32】



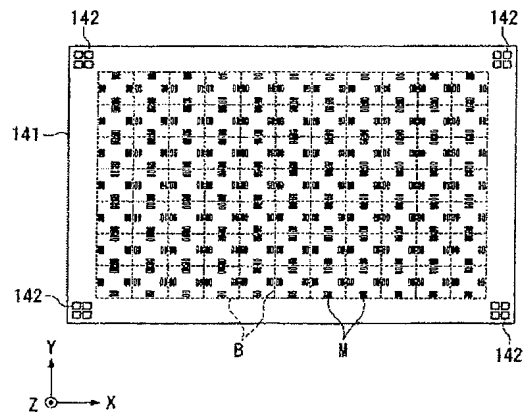
【図33】



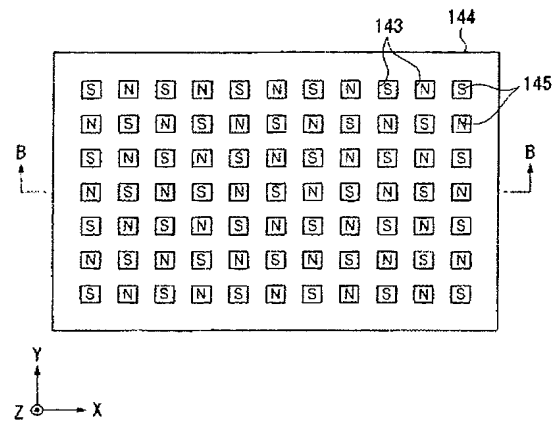
【図34】



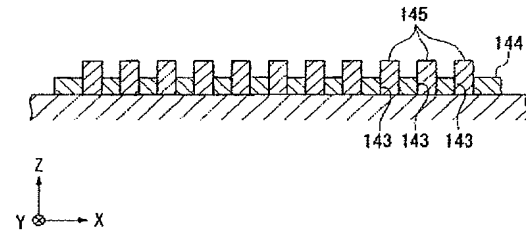
【図35】



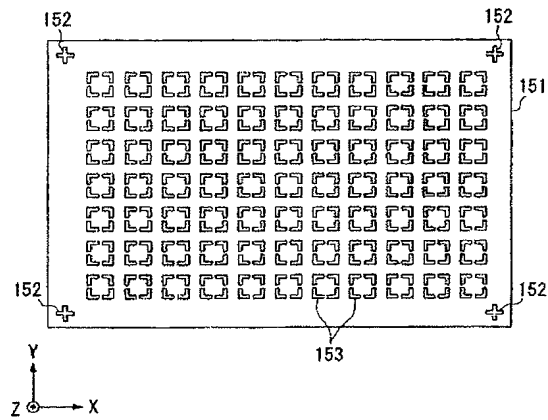
【図36】



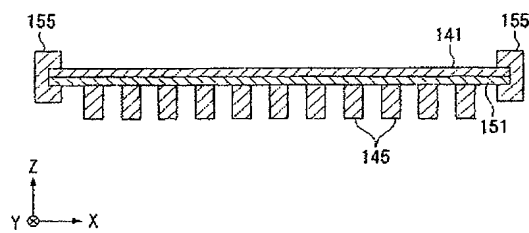
【図37】



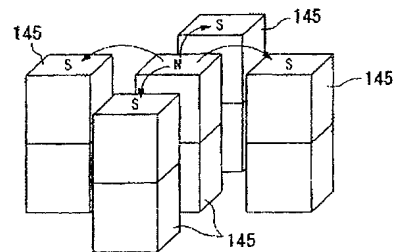
【図38】



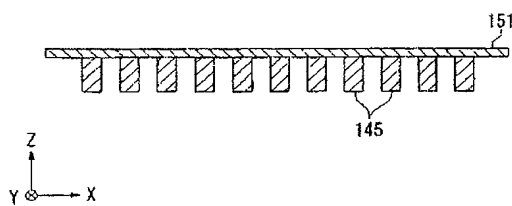
【図40】



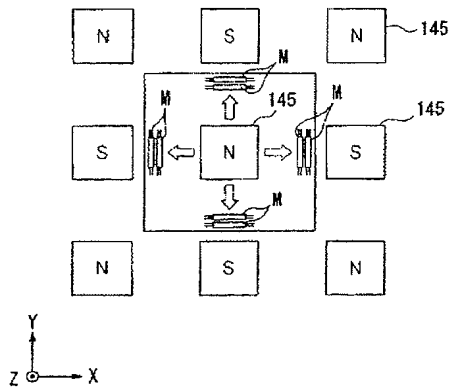
【図41】



【図39】



【図42】



フロントページの続き

(72)発明者 涌井 幸夫

静岡県浜松市中沢町１０番１号 ヤマハ株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA10 AD55